

①⑨ BUNDESREPUBLIK  
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES  
PATENTAMT

⑫ Offenlegungsschrift  
⑪ DE 4022735 A1

②① Aktenzeichen: P 40 22 735.9  
②② Anmeldetag: 17. 7. 90  
②③ Offenlegungstag: 24. 1. 91

⑤① Int. Cl. 5:  
**F16D 3/10**  
F 16 H 1/32  
H 02 K 7/10  
H 01 R 39/08  
B 23 Q 5/56  
B 23 Q 23/00  
// B65B 65/04,  
B41F 13/00

DE 4022735 A1

③① Unionspriorität: ③② ③③ ③①  
18.07.89 US 381310

⑦① Anmelder:  
Candy Mfg. Co., Inc., Evanston, Ill., US

⑦④ Vertreter:  
Ruschke, H., Dipl.-Ing., 8000 München; Ruschke, O.,  
Dipl.-Ing., 1000 Berlin; Rotter, U., Dipl.-Chem.  
Dr.rer.nat., Pat.-Anwälte, 8000 München

⑦② Erfinder:  
Hendershot, Robert V., Evanston, Ill., US

⑤④ Spielfreie Phaseneinstellvorrichtung

Elektromechanische Vorrichtung zum genauen Rück- oder Vorstellen der Drehphase von Maschinenelementen wie bspw. eines Wellenpaares während der Drehung oder im Stillstand derselben. Die Vorrichtung weist ein motorisch gesteuertes Zykloid-Untersetzungsgetriebe auf, das betrieblich einen Drehungsunterschied bzw. eine Relativedrehung zwischen zwei umlaufenden Zahnungen bewirkt. Die Wellen sind jeweils mit einer der Zahnungen gekoppelt und drehen mit dieser. Der Stator des Motors dreht mit einer der Zahnungen, während sein Rotor bei Erregung relativ zum Stator dreht und einen Generator antreibt, der den Drehungsunterschied zwischen den beiden Zahnungen und so zwischen den beiden Maschinen bewirkt.

DE 4022735 A1

Die vorliegende Erfindung betrifft eine spielfrei arbeitende Phaseneinstellvorrichtung zum Vor- bzw. Rückstellen der Drehposition von Maschinenteilen und insbesondere Verbesserungen an Einrichtungen zum Ändern der Phasenlage zwischen drehbaren Ein- und Ausgangswellen.

Im weitesten Sinne betrifft die vorliegende Erfindung ein phasensteuerndes Getriebe, das zwischen eine antreibende und eine angetriebene Vorrichtung geschaltet Leistung zwischen diesen überträgt und betrieblich den Phasenwinkel zwischen Einrichtungen wie Ein- und Ausgangswellen einstellt, die in der gleichen Richtung und mit der gleichen Geschwindigkeit drehbar sind.

Um eine optimale Leistung zu sichern, müssen die drehenden Elemente in zahlreichen Fertigungs-, Verpackungs- und Druckmaschinen genau synchronisiert werden. Die relative zeitliche Lage der drehenden Maschinenelemente wird oft experimentell ermittelt, was jedoch zeitraubend ist und nur ungenaue Ergebnisse bringt. Bevorzugt werden die Einstellungen bei laufender Maschine vorgenommen, und es gibt verschiedene Mechaniken, mit denen sich eine mechanische Lageeinstellung bei laufender Maschine bewerkstelligen läßt. Typischerweise handelt es sich dabei um phasensteuernde Getriebe, mit denen sich die relative Winkelposition der drehbaren Elemente — bspw. Ein- und Ausgangswellen — einstellen läßt. Solche Getriebe sind im allgemeinen Differentialgetriebe mit einem Käfig, der um die Ein- und Ausgangswelle drehbar und über ein Ritzel und ein Kegelrad mit letzterer gekoppelt ist. Durch Verdrehen des Käfigs können die Zahnungen ebenfalls verdreht werden, um die relative Phasenlage zwischen Ein- und Ausgangswelle zu verstellen. Vergl. hierzu u. a. die US-PS 35 63 104 (Schuster).

Den bekannten Vorrichtungen dieser Art sind schwerwiegende Nachteile eigen. Da zur Leistungsübertragung zwischen der Ein- und der Ausgangswelle der Kegelrad-Ritzel-Getriebezug fortwährend durchdreht, sind die Geschwindigkeit der Einstellung und des Betriebs erheblich eingeschränkt, abgesehen von erheblicher Wärmeentwicklung, Verschleiß, Lärm, Leistungsverlust und begrenzter Standzeit. Darüberhinaus sind die phasensteuernden Getriebe der US-PS 35 63 104 voluminös aufgebaut und enthalten schwere Zahnradzüge.

Eine jüngere Entwicklung ist in der US-PS 48 32 658 der Anmelderin offenbart; sie überwindet viele der Schwierigkeiten der bekannten phasensteuernden Getriebe, indem das Ritzel und das Kegelrad ein Wegfall kommen durch Verwendung neuartiger Wendel-Keilverzahnungen zwischen Ein- und Ausgangswelle, die eine gleichmäßig, ruhig und kalt laufende Mechanik langer Standzeit ergeben, bei der beide Wellen als Ein- oder Ausgangswelle verwendet werden können, im Verhältnis 1:1 in der gleichen Richtung laufen und ihre Phase im Drehen oder im Stillstand eingestellt werden kann.

Diese beiden früheren Entwicklungen waren zwar für ihre Zwecke erfolgreich, aber auch durch bestimmte Ungenauigkeiten der Einstellung gekennzeichnet, die durch das Spiel in ihren Zahnradgetrieben verursacht wurden; die Konstruktion der US-PS 48 32 658 ist in diese Hinsicht weniger anfällig. Es hat jedoch bei den Herstellern und Benutzern solcher Phaseneinstellgetriebe seit langem Bedarf bestanden an einer mechanischen Drehlagesteuerung, die im Betrieb oder Stillstand einsetzbar ist und hohe Drehmomente im wesentlichen

spielfrei übertragen kann.

Die Erfindung schafft eine mechanische Leistungsübertragungseinheit, die besonders brauchbar ist für die Fernsynchronisierung drehender Wellen oder anderer bewegbarer Bauteile zu dem Zweck, deren zeitliche Position bei laufender oder im Stillstand befindlicher Maschine vor- oder zurückzuschalten. Die Phaseneinstellvorrichtung der Erfindung ist insbesondere dadurch gekennzeichnet, daß sie nur das absolute Minimal- bzw. kein Spiel aufweist, während sie die Verwendung einer breiten Vielfalt von Elektromotoren zur Steuerung entweder kontinuierlicher oder diskontinuierlicher Änderungen der relativen Drehstellung (bzw. Phase) der Ein- und Ausgangswellen oder anderen bewegbaren Maschinenteile erlaubt. In einer bevorzugten Ausführungsform werden koaxial angeordnete Ein- und Ausgangswellen gesteuert, die im Geschwindigkeitsverhältnis 1:1 in der gleichen Richtung drehen, so daß man aufbau- und anwendungstechnisch wichtige Vorteile erzielt. Die Wellen werden über ein im wesentlichen spielfreies Untersetzungsgetriebe mit einem Zykloid-Zahnradgetriebe mit zwei konzentrischen Zahnungen mit gegenüberliegenden Kammungsbereichen angetrieben, die mit unterschiedlicher Zähnezahl der Zahnungen ausgeführt sind. Die innere Zahnung steht im Eingriff mit einem drehbaren Wellengenerator, der die beiden Zahnungen nur in diametral gegenüberliegenden Bereichen in den Eingriff bringt, so daß den beiden Zahnungen ein Drehungsunterschied bzw. eine Relativdrehung erteilt wird. Die beiden Wellen sind mit jeweils einer der beiden Zahnungen gekoppelt und mit dieser drehbar. Ein Elektromotor zur Steuerung des Wellengenerators ist vorgesehen; sein Stator ist mit einer der Zahnungen drehbar, sein Rotor mit dem Wellengenerator gekoppelt. Bei Erregung wird der Rotor relativ zum Stator gedreht und der Wellengenerator angetrieben. Man erhält so eine Relativdrehung zwischen den beiden Zahnungen und eine entsprechende Relativdrehung der beiden Wellen. Der Verstellbarkeitsbereich der Wellenphasen ist in beiden Richtungen unendlich. Durch Impulserregung des Steuermotors kann der Bedienungsmann die Winkelzuordnung zwischen den beiden Wellen mit extremer Genauigkeit vor- oder nachteilig einstellen. Eine Ausfallsicherung am Motor verhindert eine Relativdrehung zwischen Rotor und Stator, falls die Stromzufuhr zum Motor ausfällt, so daß die eingestellte Relativphase der Ein- und Ausgangswelle erhalten bleibt.

Es ist ein Hauptziel der vorliegenden Erfindung, eine verbesserte, gedrängt aufgebaute spielfreie Phaseneinstellvorrichtung anzugeben.

Es ist ein weiteres Ziel der vorliegenden Erfindung, eine wie vorgenannt ausgebildete Phaseneinstellvorrichtung anzugeben, die elektromechanisch ausgeführt und in der Lage ist, die Drehphase von Maschinenteilen — bspw. zwei Wellen — im Betrieb oder im Stillstand zu verschieben.

Ein weiteres wichtiges Ziel der vorliegenden Erfindung ist die Schaffung einer elektromechanischen Phaseneinstellvorrichtung mit einem motorisch gesteuerten Zykloid-Untersetzungsgetriebe, die betrieblich eine Winkelverschiebung zwischen zwei drehbaren Zahnungen erzeugen kann.

Ein weiteres wichtiges Ziel der vorliegenden Erfindung ist die Schaffung einer elektromechanischen Phaseneinstellvorrichtung mit einem mechanischen Getriebe, die besonders gut geeignet ist für die Fernsynchronisierung von drehenden Wellen.

Ein weiteres wichtiges Ziel der vorliegenden Erfin-

dung ist, eine mechanische Leistungsübertragungseinrichtung zum Verstellen der Phase und Synchronisierung von drehenden Wellen anzugeben, die durch größtmögliche Spielfreiheit gekennzeichnet und in der Lage ist, unter Verwendung einer Vielfalt von Elektromotoren die Winkelstellung bzw. Phase einer Ein- relativ zu einer Ausgangswelle kontinuierlich oder diskontinuierlich zu ändern.

Die vorliegende Erfindung soll nun anhand der beigelegten Zeichnungen ausführlich erläutert werden, die die beste derzeit vorliegende Weise darstellen, in der der Fachmann die vorliegende Erfindung realisieren kann.

Fig. 1 ist eine Perspektivdarstellung einer motorgesteuerten Phaseinstellvorrichtung nach der vorliegenden Erfindung;

Fig. 2 ist ein vergrößerter Schnitt durch die Phaseinstellvorrichtung der Fig. 1 und zeigt die Zuordnung der Arbeitsteile und -elemente;

Fig. 3 ist ein teilweise aufgeschnittener stirnseitiger Aufriß im wesentlichen aus der Ebene 3-3 der Fig. 2 in Richtung der Pfeile;

Fig. 4 ist eine Teilaufrißansicht auf die rechte Stirnseite der in der Fig. 2 gezeigten Phaseinstellvorrichtung; und

Fig. 5-5C sind schaubildliche Darstellungen der betrieblichen Zuordnung der Arbeitselemente eines bekannten Zykloid-Untersetzungsgetriebes, wie es für die vorliegende Erfindung einsetzbar ist.

Die Fig. 1 der Zeichnung zeigt in einer Perspektivdarstellung eine Phaseinstellvorrichtung 10 mit einem Untersetzungsgetriebe 11 und an dieses angeschlossenen konzentrischen Wellen 12, 13; das Untersetzungsgetriebe wird von einem Steuermotor 14 gesteuert. Die beiden Wellen 12, 13 sind in der hier dargestellten Ausführungsform konzentrisch angeordnet und können beide jeweils die Ein- oder die Ausgangswelle des Untersetzungsgetriebes 13 sein. Die beiden Wellen gehören natürlich zu einer Maschine oder Vorrichtung, die von der Eingangswelle über die Ausgangswelle angetrieben werden soll. Der Zweck der Phaseinstellvorrichtung 10 ist, die Phase bzw. die relative Winkelstellung der beiden Wellen 12, 13 zu verändern, so daß die Mechanik geregelt und synchronisiert werden kann; die Einzelheiten hierzu sind im folgenden ausführlich dargestellt.

Zu den Einzelheiten der bevorzugten Ausführungsform der Erfindung sei auf die Fig. 2-4 der Zeichnung verwiesen. Wie insbesondere die Fig. 2 zeigt, betrifft die dargestellte Ausführungsform eine koaxiale Wellenanordnung, bei der beide Wellen 12, 13 von der gleichen Seite der Vorrichtung her absteigen. Es liegt im Rahmen der Erfindung, die Wellen fluchtend auf entgegengesetzten Seiten der Vorrichtung anzuordnen. In beiden Fällen drehen die Wellen genau im Geschwindigkeitsverhältnis 1:1 in der gleichen Richtung — außer wenn gerade durch Erregen des Steuermotors 14 mit dem Untersetzungsgetriebe 11 die Phase bzw. relative Winkellage der Wellen geändert bzw. eingestellt wird.

Im wesentlichen weist die erfindungsgemäße Phaseinstellvorrichtung ein Zykloid-Untersetzungsgetriebe 11, eine innere Welle 12, eine äußere Welle 13 und den Steuermotor 14 zum Verstellen des Untersetzungsgetriebes auf. Zum besseren Verständnis ihrer Arbeitsweise sollen die Hauptsystemteile in dieser Reihenfolge einzeln ausführlich beschrieben werden.

## Das Untersetzungsgetriebe

Wie erinnerlich, ist eines der Ziele der vorliegenden Erfindung die Schaffung einer Phaseinstellmechanik, die spielfrei arbeitet, aber gedrängt aufgebaut ist. Hierzu verwendet die vorliegende Erfindung eine "Verformungswellen-Verzahnung" ("strain wave gearing") in einem Untersetzungsgetriebe sehr einfachen und kompakten Aufbaus. Ein solches Untersetzungsgetriebe besteht aus drei Hauptelementen, die infolge einer natürlichen Vorbelastung der Zahnungen und des fast rein radialen Anliegens der Zähne aneinander einen im wesentlichen spielfreien Lauf erreicht.

Das erste Element des Untersetzungsgetriebes mit Verformungswellen-Verzahnung ist ein starr aufgebauter innenverzahnter Ring, wie er in der Fig. 2 bei 20 gezeigt ist. Dieser Zahnring hat eine geringe axiale Ausdehnung, ist schwergewichtig ausgeführt und trägt eine große Anzahl kleiner Stirnzähne.

Das zweite Element des Verformungswellen-Getriebes ist ein flexibler und dünner verzahnter Innenring 21 mit einem flexiblen Becherteil 22. Der flexible Zahnring 21 trägt außen eine Anzahl kleiner Stirnzähne und liegt konzentrisch innerhalb des starren Zahnringes 20. Der flexible Becher 22, der einteilig mit dem flexiblen Zahnring 21 ausgebildet ist, überträgt Drehmoment auf einen daran befestigten schweren Spannring 23.

Das dritte Hauptelemente des Verformungswellen-Getriebes ist ein elliptisch konturiertes Wellengeneratorelement 24 ("wave generator element"), das von einer ovalen Kugellageranordnung 25 begrenzt ist, radial in der flexiblen Verzahnung 21 liegt und mit ihr kämmt. Bei einer Drehung des Generatorelements 24 und der Lageranordnung 25 greift die Außenverzahnung des flexiblen Elements 21 an zwei bezüglich der großen Hauptachse des elliptischen Generators 24 diametral gegenüberliegenden Stellen in die Innenverzahnung des starren kreisrunden Zahnringes 21 ein. Der Wellengenerator verformt den Innenring 21 so, daß die Ringteile am schmaleren Teil bzw. der kleinen Hauptachse der ovalen Lageranordnung von der Zahnung des Außenringes freikommen. Wenn sowohl der starre Außenring 21 als auch der Wellengenerator 24 genau synchron drehen, findet keine Drehung des Innenrings 21 relativ zum Außenring 20 statt, so daß die beiden Ringe starr miteinander verkoppelt bleiben. Führt der Wellengenerator jedoch eine vollständig Umdrehung bspw. im Gegenuhrzeigersinn relativ zum Außenring durch, läuft der Innenring 21 im Gegenuhrzeigersinn relativ zum Außenring nach. Ein flexibles Zykloid-Untersetzungsgetriebe mit den oben beschriebenen Eigenschaften ist von der Fa. Quincy Technologies, Inc., Wakefield, Massachusetts, V. St. A., unter der Handelsbezeichnung "Harmonic Drive" erhältlich.

In der gezeigten Anwendung hat sich ein "Harmonic Drive"-Untersetzungsgetriebe mit einer Untersetzung von 200:1 als zufriedenstellend erwiesen. Bei einem solchen Getriebe hat der Außenring 20 typischerweise 400 innere Stirnzähne, der flexible Innenring 21 im allgemeinen 398 Zähne. M.a.W.: die beiden Verzahnungen unterscheiden sich um zwei Zähne.

Bei dieser Anordnung bewirkt eine Umdrehung des Wellengenerators 24 und seiner Lageranordnung 25 relativ zum äußeren Zahnring 20 eine Drehung des flexiblen Innenrings 21 um zwei Zähne relativ zum Außenring, abhängig von der Drehrichtung des Wellengenerators. Im Fall des Untersetzungsverhältnisses von 200:1 dreht der flexible Ring 2/400 bzw. 1/200 einer Umdre-

hung relativ zum Außenring.

Zum besseren Verständnis der Arbeitsweise des oben beschriebenen Untersetzungsgetriebes sei auf die Fig. 5–5C verwiesen, die eine einzige Umdrehung des Wellengenerators und die Relativbewegung der starren und der flexiblen Zahnung der beiden Zahnungselemente 20, 21 zeigen. Wie die Fig. 5 zeigt, ist der Wellengenerator 24 so angeordnet, daß zu Anfang der Drehung die Zähne der flexiblen Zahnung 21 in die der starren Zahnung 20 an diametral gegenüberliegenden Stellen eingreifen. Die Fig. 5A zeigt die Bewegung des Wellengenerators um 90° im Uhrzeigersinn. Wie ersichtlich, läuft der Bereich des Zahnungseingriffs mit der großen Hauptachse des elliptischen Wellengenerators um. In Fig. 5B hat der Wellengenerator um 180° weitergedreht und ist die flexible Zahnung 21 um einen Zahn relativ zur festen Zahnung 20 zurückgeblieben. In der Fig. 5C hat der Wellengenerator eine vollständige Umdrehung relativ zur festen Zahnung (Zahnring) 20 vollzogen und ist die flexible Zahnung um zwei Zähne hinter der starren kreisrunden Zahnung 20 zurückgeblieben. Bei dem Zahnungsverhältnis von 400/398 zwischen der festen und der flexiblen Zahnung ergibt sich bei einer vollständigen Umdrehung des Wellengenerators eine Winkelverschiebung der flexiblen Zahnung um 1/200 relativ zur festen Zahnung bzw. um 1,8° für jede Umdrehung des Wellengenerators relativ zur starren Zahnung 20.

Es ist nun einzusehen, daß, wenn man eine Welle mit der flexiblen und eine zweite Welle mit der starren Zahnung koppelt, die relative Winkellage zwischen der Ein- und der Ausgangswelle sich durch Drehen des Wellengenerators einstellen läßt. Um diese flexible Verformungswellen-Zahnung an eine erfindungsgemäße Phaseinstellvorrichtung anzupassen, ist für die Anbringung der Wellenanordnung 12, 13 an eine der Zahnungen 20 bzw. 21 sowie für Mittel gesorgt, um den Wellengenerator 24 wahlweise zu drehen, und zwar in einer bevorzugten Konstruktion entsprechend der Darstellung der Fig. 2–4 der Zeichnung.

#### Die innere Wellenanordnung

Wie dargestellt, weist die Wellenanordnung 12 eine Welle auf, die konzentrisch innerhalb der Wellenanordnung 13 liegt und über den Becher 22 und seinen Spannring 23 mit der flexiblen Innenverzahnung 21 gekoppelt ist.

Insbesondere weist die Anordnung 22 einen langgestreckten zylindrischen Schaft 30 mit einer zylindrischen Hülse 31 auf dessen äußeren Ende auf. Die Hülse trägt eine Feder-Nut-Anordnung 32 zur Verbindung mit einem Kettenrad oder einem anderen Antriebselement der zu regelnden Maschine. Die Hülse 31 ist vorzugsweise auf einen O-Ring 33 aufgesetzt, der in einem zylindrischen Einschnitt axial einwärts des äußeren Endes des Schafts 30 sitzt, vergl. Fig. 2.

Das andere Ende des Schafts 30 ist coaxial in einen abgesetzten Aufsatz 35 eingeschraubt und mit ihm verklebt. Der Aufsatz 35 läuft in einem Kugellager 36, dessen innerer Laufring auf den Aufsatz 35 aufgedrückt ist. Sechs Kopfschrauben 37 verlaufen durch den Spannring 23 des flexiblen Bechers 22 und durch geeignete Bohrungen im Aufsatz 35 und sind in einen Spannring 38 auf der dem Spannring 23 gegenüberliegenden Seite des Aufsatzes eingeschraubt. Durch Festziehen der Schrauben 37 werden der Aufsatz und so auch der Schaft 30 starr mit dem flexiblen Becher 22 des Untersetzungsgetriebes gekoppelt, während gleichzeitig das Kugellager

36 zwischen dem Spannring 38 und einem geeigneten Absatz 39 auf dem Aufsatz 35 axial in der Sollage festgelegt wird. Der Schaft wird also mit dem die flexible Zahnung 21 tragenden flexiblen Becher 22 des Untersetzungsgetriebes zu einer Einheit zusammengefügt, so daß der Schaft 30 und die Zahnung 21 gemeinsam drehen.

#### Die äußere Wellenanordnung

Ähnlich der Verbindung der Innenwelle mit der Zahnung 21 des Untersetzungsgetriebes ist die äußere Wellenanordnung 13 mit dem starren innenverzahnten Ring 20 des Untersetzungsgetriebes sowie mit dem Ständer der Motoranordnung 14 drehfest gekoppelt, wie unten ausführlich erläutert.

Hierzu weist die äußere Wellenanordnung 13 einen verhältnismäßig schweren, allgemein zylindrischen Schaft 40 mit einem ersten, allgemein zylindrischen Schaftabschnitt 40a, der den innenliegenden Schaftteil 30 konzentrisch umgibt, und einen becherförmigen Teil 40b mit größerem Durchmesser auf, der konzentrisch das innere Ende des Schafts 30 umgibt und mit der äußeren Zahnung 21 des Untersetzungsgetriebes 11 gekoppelt ist. Infolge der Größe der beiden Abschnitte 40a, 40b werden sie vorzugsweise in zwei Teilen gefertigt, die geeignet eng toleriert abgesetzt ausgeführt und ineinandergeschoben werden. Die beiden Teile 40a, 40b werden dann mit einem Klebstoff dauerhaft zu einer Einheit zusammengefügt. Die Grenzfläche ist in Fig. 2 bei 41 gezeigt.

Das äußere Ende des Schaftteils 40a hat im wesentlichen den gleichen Durchmesser wie die Buchse 31 auf dem äußeren Ende des inneren Schafts 30 und ist mit einer Feder 42 zur Verbindung mit einer geeigneten Kraftabnahmevorrichtung — bspw. einem Kettentrieb zum Anschluß an die von der Anordnung 10 zu regelnde Maschine — versehen. Zwischen dem zylindrischen Inneren des Schaftteils 40a und der zylindrischen Außenfläche des inneren Schafts sind eine Hülse 43 und ein O-Ring 44 vorgesehen.

Eine erste Kugellageranordnung 45 ist auf das äußere Ende des Schaftteils 40a und an einen Absatz 46 auf diesem anliegend aufgesetzt und dort mit einer Festziehmutter 47 fixiert. Eine zweite Kugellageranordnung 48 lagert den Schaft 40 ebenfalls an der Verbindungsstelle des größerdurchmeßrigen Teils 40b mit dem kleinerdurchmeßrigen Teil 40a; die inneren Laufringe der Lageranordnungen 45, 48 drehen mit der Welle 40. Die beiden Lager dienen dazu, die Welle 40 drehbar abzustützen.

Das Innere des größerdurchmeßrigen Teils 40b der Welle 40 ist an einem Ende geeignet abgesetzt ausgeführt, um den äußeren Laufring des Kugellagers 36 aufzunehmen, das den Wellenaufsatz 35 auf dem inneren Ende der Innenwelle 30 drehbar lagert. Ein Sprengring 49 hält das Lager 36 gegen axiale Verschiebung fest.

Auf dem innersten Ende des größerdurchmeßrigen Teils 40b der Außenwelle ist eine allgemein kreisrunde Motoransatzplatte 50 über dem offenen Ende des Wellenteils 40b mit einer Vielzahl von Kopfschrauben 51 festgelegt, die durch Öffnungen im äußeren starren Zahnring 20 des Untersetzungsgetriebes verlaufen und damit letzteren mit dem Wellenteil 40b starr verknüpfen. Die Ansatzplatte 50, der Zahnring 20 und die Welle 40 sind also drehfest miteinander verbunden.

Es wird weiterhin darauf verwiesen, daß der dem Untersetzungsgetriebe zugeordnete Wellengenerator zu-

sammen mit dem flexiblen Becher im Inneren des Wellenteils 40b angeordnet sind. Zur Halterung des Wellengenerators 24 ist dieser mit einer mittigen zylindrischen Welle 55 mit einem verjüngten Teil 56 an einem Ende versehen, der in eine geeignete Sackbohrung in inneren Ende der Welle 30 vorsteht, die diesen Wellenteil 56, eine Druckkugel 58 und eine Feststellschraube 59 aufnimmt. Mit der in das innere Ende der Welle 30 eingesetzten Einstellschraube läßt sich die Belastung der Lagerkugel 58 einstellen, die am Ende des Teils 56 der Welle 55 des Wellengenerators anliegt. Das andere Ende der Welle 55 ist mit einem Kugellager 60 abgestützt, dessen innerer Laufring auf der Welle 55 und dessen äußerer Laufring in der Motoransatzplatte 50 sitzen. Die Welle 55 ist mit dem elliptischen Wellengenerator 24 bspw. mit einer Feder-Nut-Verbindung 61 gekoppelt. Weiterhin weist die Welle 55 des Wellengenerators an ihrem inneren Ende eine zylindrische Sackbohrung auf, durch die ein Querstift 62 verläuft, um eine zylindrische Motoransatzhülse 63 aufzunehmen; der Sinn dieser Anordnung ist unten ausführlich erläutert.

#### Der Steuermotor

Die Motoranordnung 14 weist einen Elektromotor 70 zur Steuerung des Wellengenerators 24 auf; es kann sich dabei um einen WS-, GS-, Servo-, Synchron- oder Schrittschaltmotor handeln. Der Motor 70 ist mit Kopfschrauben 71 auf der Motoransatzplatte 50 festgelegt und sitzt koaxial über einer mittigen Öffnung in dieser, in die das Lager 60 eingesetzt ist. Ein verjüngtes äußeres Ende der Läuferwelle 72 des Motors ist koaxial drehfest im Wellenaufsatz 63 festgelegt, um mit diesem und der Welle 55 des Wellengenerators 24 zu drehen. Beim Erregen des Motors 70 wird also der Wellengenerator wahlweise drehangetrieben.

Der Ständerteil des Motors 70 ist andererseits drehfest an der Ansatzplatte 50 festgelegt, wie bereits erwähnt, und daher mit der äußeren Welle 13 gekoppelt. Der jeweils eingesetzte Motor muß mit einer ausfallsicheren Bremse versehen sein, damit bei stromlosem Motor keine rückwärtige Phasenverschiebung der Wellen 30, 40 erfolgen kann. Die (allgemein bei 73 gezeigte) Bremse sitzt auf der Läuferwelle 72 am rückwärtigen Ende der Motorglocke 74, an der die Bremse befestigt ist. Die Glocke 74 ist an der Motoransatzplatte mit zusätzlichen Kopfschrauben 75 befestigt, so daß die Glocke, der Stator und die Bremse gemeinsam mit der äußeren Welle 13 drehen.

Hinter der Bremse 73 ist auf eine Verlängerung der (vom Lager 76 gelagerten) Motorwelle 72 eine Schleifringanordnung 78 aufgesetzt, die wie üblich einen Anschlußblock 79, Federn 80, die Bürsten 81 sowie eine Folge von Schleifringen 82 und Isolatoren 83 aufweist (vergl. Fig. 3). Die Schleifringanordnung dient natürlich dazu, dem Motor 70 über eine geeignete Verkabelung (nicht gezeigt) elektrischen Strom zuzuführen und ihn so zu erregen.

Ist in einer oben beschrieben Anordnung bspw. ein Schrittschaltmotor mit Bremse eingesetzt, wird zunächst die Bremse gelöst und verhindert der Erregerstrom eine Relativedrehung zwischen dem Stator- und Rotorteil des Motors. Die verkoppelten Antriebselemente des Verformungswellen-Untersetzungsgetriebes, d. h. die Zahnung 20 und der Wellengenerator 24, drehen gemeinsam mit dem Motor, wobei die flexible Innenzahnung 21 mit der starren Zahnung 20 versperrt mitdreht. Es drehen also auch die Innen- und die Außen-

(bzw. die Ein- und Ausgangs-) Wellen der erfindungsgemäßen Phaseinstellvorrichtung im Drehzahlverhältnis 1:1 drehfest miteinander in der gleichen Richtung. Bei einem vollständigen Stromausfall wird die Bremse ausgelöst, die eine Drehung des Stators relativ zum Rotor verhindert; die gegenseitige Versperrung der Ein- mit der Ausgangswelle bleibt also erhalten. Ohne eine solche Bremse würde das rückwärts durch das Untersetzungsgetriebe übertragene Drehmoment – insbesondere bei einem Untersetzungsverhältnis von 200:1 – die Phasenlage von Ein- und Ausgangswelle sehr schnell stören und wahrscheinlich auch die Vorrichtung beschädigen. Wird bspw. ein Schrittschaltmotor verwendet und impulsweise erregt, dreht der Rotor relativ zum Stator vor oder zurück, um den Wellengenerator 24 anzutreiben. Über das Verformungswellen-Getriebe und die an es angeschlossenen Wellen wird dadurch eine Relativdrehung zwischen den Wellen 12, 13 und somit eine Änderung ihrer relativen Winkellage bewirkt.

#### Das tragende Gehäuse

Nach der Beschreibung der verschiedenen Funktionselemente der erfindungsgemäßen verbesserten Phaseinstellvorrichtung sind diese ersichtlich in einem tragenden Gehäuse angeordnet und gelagert, das aus einer schweren Metall-Grundplatte oder Fuß 90 besteht, das mit einer Vielzahl von Kopfschrauben 91 mit einem vergrößerten Basisflansch einer Lagerhalterung 92 verschraubbar ist, die die äußeren Laufringe der Kugellager 45, 48 trägt, die ihrerseits die äußere Wellenanordnung 13 lagern. Das (in Fig. 2) rechte Ende der Lagerhalterung 92 trägt einen ringförmigen Ölverschlußadapter 93 mit einem O-Ring 94, der an der zylindrischen Innenfläche des Lagergehäuses anliegt, sowie einer Öldichtung 95, die auf der Außenfläche des äußeren Wellenteils 40a läuft.

Ein zylindrisches Gehäuserohr 96 umgibt konzentrisch den Teil 40b der äußeren Welle wie auch das Verformungswellen-Getriebe und ist mit einer Vielzahl von Langbolzen 97 in der Sollage gehalten, die durch die Motoransatzplatte 50 und einen Ringflansch 98 an einem Ende einer rohrförmigen Motorabdeckung 99 verlaufen, die den Motor 70, sein Gehäuse 74 und die Schleifringanordnung 78 umgibt. Die äußere Abschlußkappe 100 der rohrförmigen Abdeckung 99 trägt das Lager 76 für das äußere Ende der Motorwelle 72, die mit einer Sicherungsmutter 101 in der Sollage axial fixiert ist.

#### Patentansprüche

1. Spielfreie Phaseinstellvorrichtung zum Synchronisieren drehender Teile einer Maschine bei der Drehung oder im Stillstand, gekennzeichnet durch

- ein Paar koaxialer und drehbar gelagerter Wellen, von denen eine von der Maschine angetrieben wird,
- ein Zykloid-Untersetzungsgetriebe mit einer mit einer der Wellen gekoppelten ersten drehbaren Zahnung, einer mit der anderen Welle gekoppelten zweiten drehbaren Zahnung und einer mit den Zahnungen kämmenden drehbaren Einrichtung, die wahlweise aktivierbar ist, um einen Drehungsunterschied zwischen den Zahnungen zu bewirken, und
- einen elektrisch erregten Motor, dessen

Stator mit einer der Zahnungen zwecks Drehung mit dieser und dessen Rotor mit der drehbaren Einrichtung gekoppelt ist, um letztere wahlweise zu aktivieren.

2. Phaseinstellvorrichtung nach Anspruch 1, gekennzeichnet durch eine Einrichtung, die den Rotor mit dem Stator des Motors starr koppelt, um eine Relativdrehung zwischen ihnen zu verhindern.
3. Phaseinstellvorrichtung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß das Untersetzungsgetriebe ein harmonisches Verformungswellen-Getriebe darstellt, bei dem die erste Zahnung eine starrer Zahnring mit Zähnen entlang des Innenumfanges und die zweite Zahnung ein flexibles Zahnungselement mit einer Außenzahnung ist, die mit der ersten Zahnung in Eingriff bringbar ist, und daß die Einrichtung zum Herstellen des Eingriffs zwischen den Zahnungen ein elliptischer Wellengenerator ist, der die beiden Zahnungen an den gegenüberliegenden Enden der großen Hauptachse in den Eingriff bringen und an den gegenüberliegenden Enden der kleinen Hauptachse aus dem Eingriff lösen kann, wobei die flexible Zahnung weniger Zähne als die starre Zahnung hat, so daß eine Drehung des Wellengenerators relativ zur starren Zahnung den Drehungsunterschied bewirkt.
4. Phaseinstellvorrichtung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß es sich bei der ersten Zahnung um eine starre Keilverzahnung in einem Ringelement, bei der zweiten Zahnung um eine Keilverzahnung auf einem flexiblen Ringelement und bei der Einrichtung, die die Zahnungen in den Eingriff bringt, um ein elliptisches Element handelt, das mit und relativ zu der flexiblen Zahnung drehbar ist und letztere betrieblich auslenkt, um ihre Zahnung stetig mit der starren Zahnung nur an gegenüberliegenden Enden der großen Hauptachse des elliptischen Elements im Eingriff zu halten.
5. Phaseinstellvorrichtung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die beiden Wellen konzentrisch gelagert sind, daß der Motor coaxial mit den beiden Wellen fluchtet und das Untersetzungsgetriebe coaxial zwischen dem Motor und den Wellen liegt.
6. Phaseinstellvorrichtung nach Anspruch 1, gekennzeichnet durch eine ausfallsichere Bremse, die mit dem Rotor des Motors gekoppelt ist und bei einem Ausfall der Stromzufuhr zu letzterem betrieblich eine Relativdrehung zwischen dessen Rotor und Stator und damit eine Relativdrehung der beiden Wellen verhindert.
7. Phaseinstellvorrichtung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die drehbare Einrichtung ein elliptisches Element ist, das betrieblich die Zahnungen mit einer radialen Vorlast in den Eingriff bringt, um ein spielfreies Arbeiten der Zahnungen zu bewirken.
8. Phaseinstellvorrichtung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß der Motor mit dem Untersetzungsgetriebe und den Wellen umläuft und über eine Schleifringanordnung mit Strom gespeist wird.

---

Hierzu 3 Seite(n) Zeichnungen

— Leerseite —

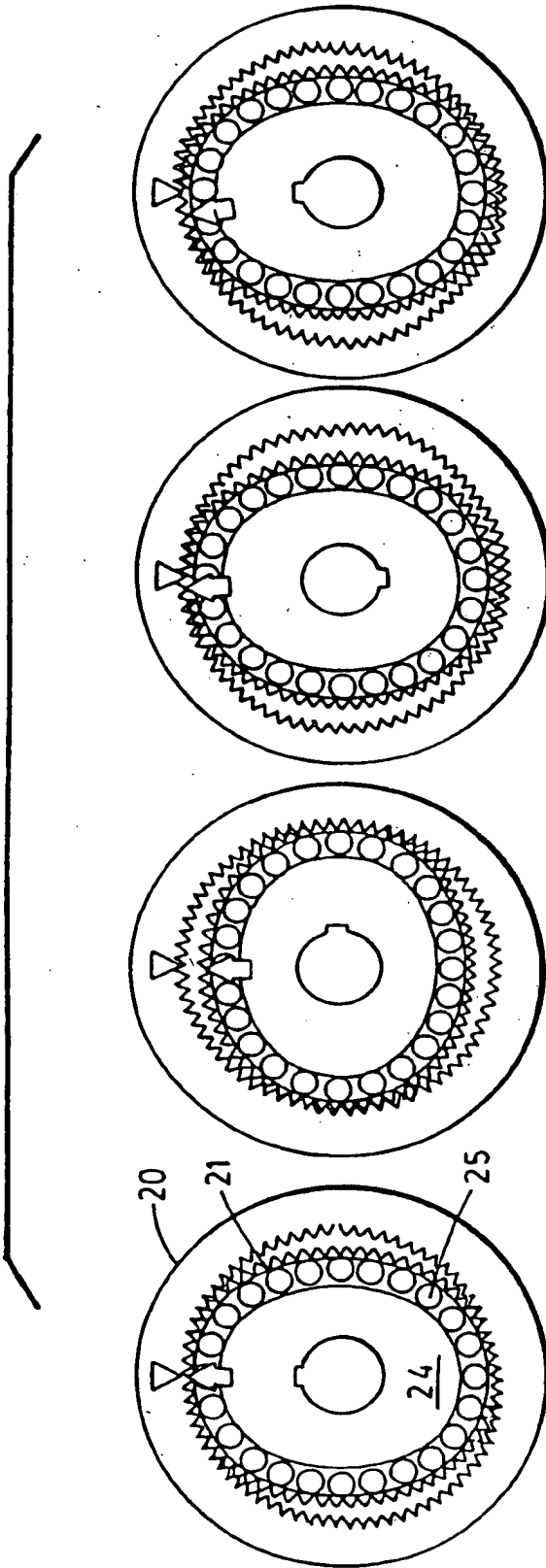


FIG. 5

FIG. 5A

FIG. 5B

FIG. 5C

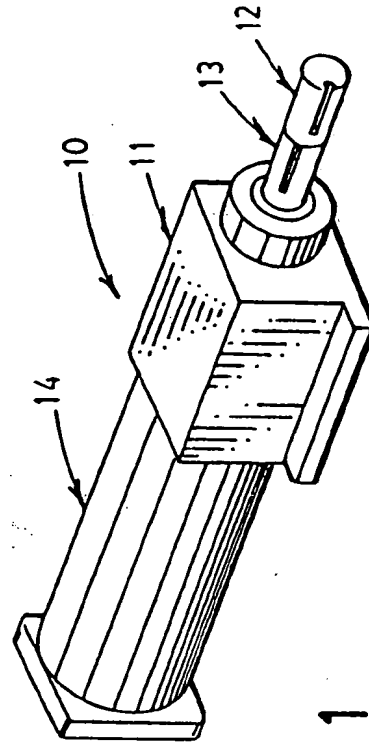


FIG. 1



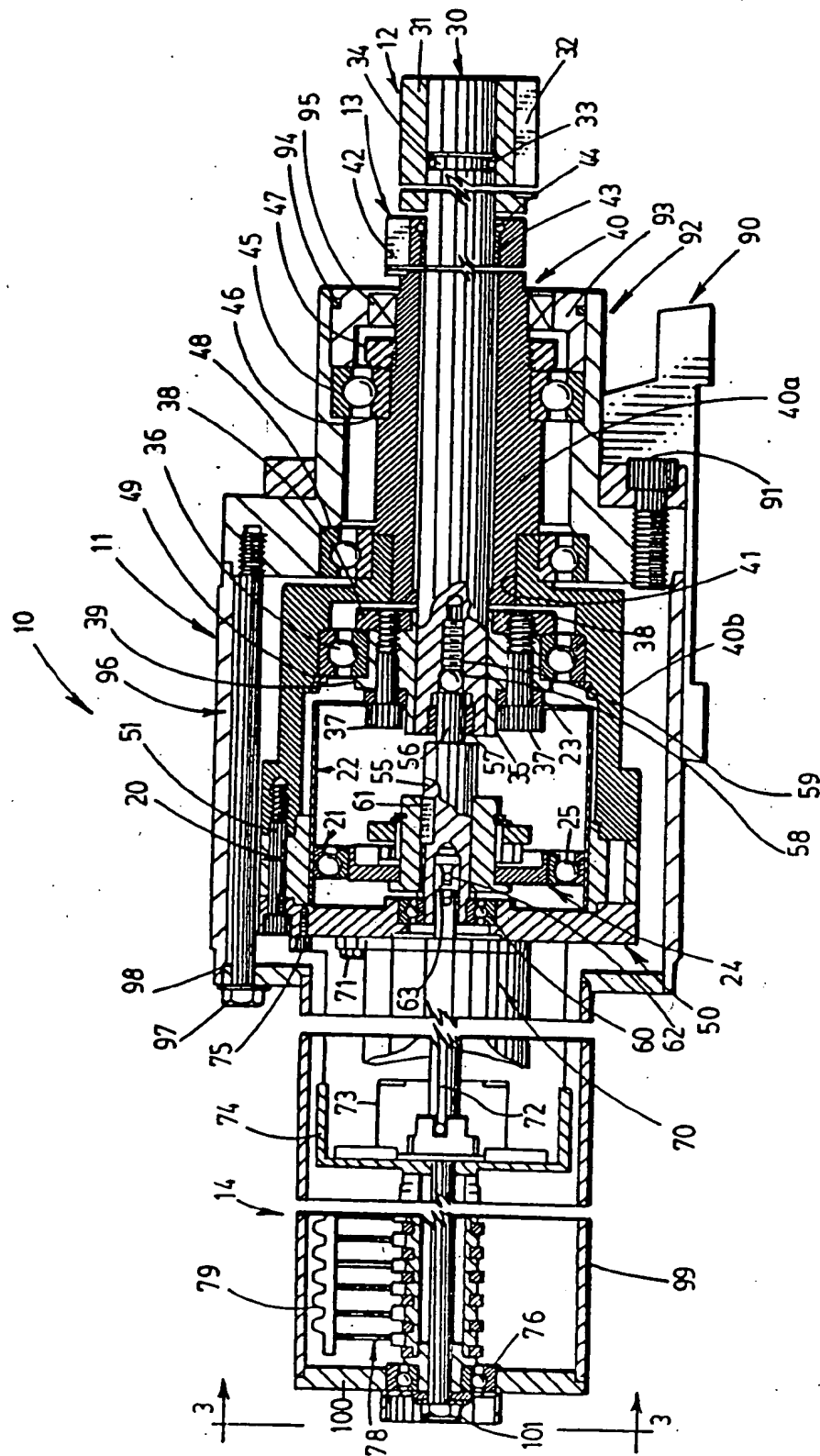


FIG. 4

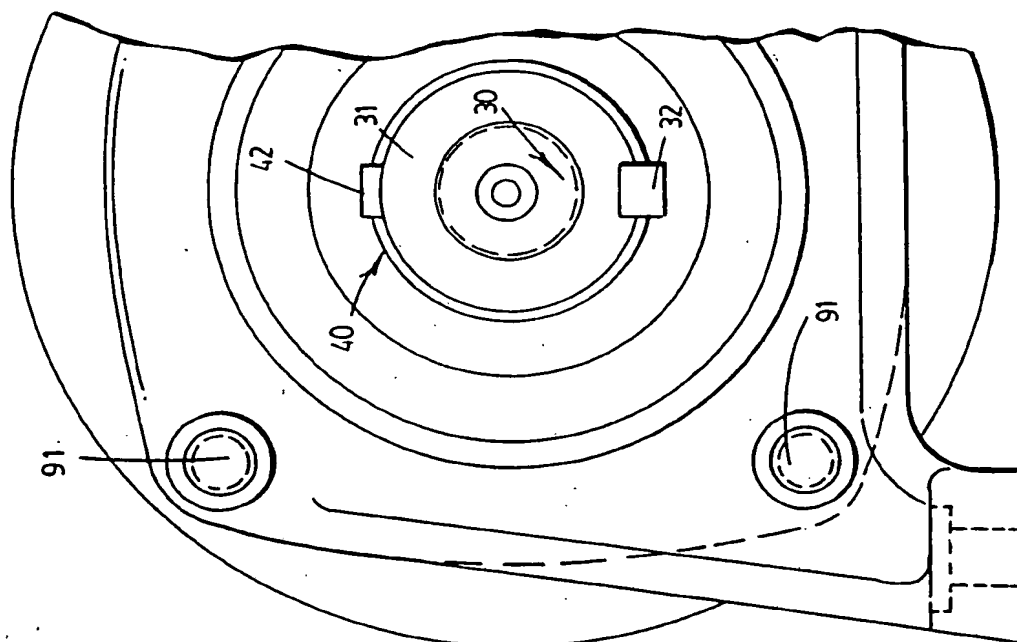


FIG. 3

